



# KOREAN PATENT ABSTRACTS(KR)

Document Code:A

(11) Publication No.1020020051549 (43) Publication.Date. 20020629

(21) Application No.1020000080921 (22) Application Date. 20001222

(51) IPC Code:  
H03M 13/41

(71) Applicant:  
KOREA ELECTRONICS & TELECOMMUNICATIONS RESEARCH INSTITUTE

(72) Inventor:  
KIM, SU YEONG  
KWAK, JI HYE  
KWON, TAE GON

(30) Priority:

(54) Title of Invention  
QUANTIZATION METHOD AND METRIC CALCULATION METHOD IN REPETITIVE  
DECODER

Representative drawing



(57) Abstract:

PURPOSE: A quantization method and a metric calculation method in a repetitive decoder are provided, which quantize a signal received by a BPSK or QPSK modulation into a digital signal of q bits and calculate the metric using the above value.

CONSTITUTION: According to the quantization method and the metric calculation method in a repetitive decoder of a digital communication system receiver correcting an error generated in a channel by receiving a BPSK- or QPSK-modulated signal through the channel, the method includes the first step of quantizing the above received signal into bits of an integer(q) above at least 2, and the

second step of performing a soft judgement output viterbi decoding repetitively using the quantized received signal. According to the first step, the received signal is

compared with judgement levels( $ql_{level}(ql)$ ) which are tabled in advance, and then is quantized into the above  $q$  bits according to the judgement level.

© KIPO 2003

if display of image is failed, press (F5)

(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl. H03M 13/41	(11) 공개번호 (43) 공개일자	특2002-0051549 2002년06월29일
(21) 출원번호	10-2000-0080921	
(22) 출원일자	2000년12월22일	
(71) 출원인	한국전자통신연구원, 오길록 대한민국 305-350 대전 유성구 가정동 161번지	
(72) 발명자	김수영 대한민국 305-333 대전광역시유성구어은동한빛아파트123-1403 곽지혜 대한민국 305-345 대전광역시유성구신성동150-14번지 권태곤 대한민국 305-390 대전광역시유성구전민동나래아파트102-1301	
(74) 대리인	전영일	
(77) 심사청구	있음	
(54) 출원명	반복 복호기에서 양자화 및 미터릭 계산방법	

#### 요약

본 발명은 연판정 출력 비터비 알고리즘을 적용하여 반복 복호를 수행하는 알고리즘을 하드웨어로 구현할 때 효율적으로 사용할 수 있는 양자화 방법과 미터릭 계산 방법에 관한 것이다. 양자화 되지 않은 실수 연산을 사용하였을 때와 비교하여 성능의 차이가 거의 없도록 수신 신호를  $q$ 개의 비트로 양자화하고, 이를 이용하여 가지 미터릭을 계산하는 방법 및 반복을 수행할 때마다 연판정 출력 값을 효율적으로 정규화 하는 방법을 구현하고자 한다.

이러한 본 발명은, BPSK 또는 QPSK 변조되어 수신된 신호를  $q$ 개의 비트로 양자화 하고; 양자화된 수신신호를 이용하여 연판정 출력 비터비 복호를 반복 수행한다.

#### 대표도

#### 도4

#### 색인어

양자화, 반복 복호기, 미터릭, 디지털 통신시스템, 비터비 복호, 연판정, 경판정

#### 명세서

#### 도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명이 적용되는 반복 복호기를 포함한 디지털 통신시스템의 구성도,

도 2는 본 발명에 따른 수신신호 판단레벨 결정 알고리즘을 도시한 동작 흐름도,

도 3은 본 발명에 따른 양자화값 결정 알고리즘을 도시한 동작 흐름도,

도 4는 본 발명에 따른 연판정 출력 비터비 복호 알고리즘을 도시한 동작 흐름도,

도 5는 (31,25) expurgated BCH 부호를 내부 구성 부호로 사용하는 직렬 연점 블럭터보 부호에 대하여 실수 연산을 사용하였을 경우와 양자화 미터릭을 사용하였을 경우의 6회 반복 후의 비트 오류 성능 비교 그래프이다.

※ 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 ※

11 : 소스 정보 12 : 소스 부호기

13 : 채널 부호기 14 : BPSK/QPSK 변조기

15 : 양자화기<sup>100</sup> 16 : 채널 복호기

17 : 소스 복호기<sup>100</sup> 18 : 정보 싱크부

## 발명의 상세한 설명

### 발명의 목적

#### 발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 연판정 출력 비터비 알고리즘을 적용한 반복 복호 알고리즘을 하드웨어로 구현할 때 사용되는 양자화 방법 및 미터릭 계산방법에 관한 것이다.

일반적으로, 연판정 출력을 이용한 반복 복호방법(일반적으로 터보 코드라고 함)은 길쌈부호를 이용하는 방법과 블록부호를 이용하는 방법이 있으며, 이들은 원래 실수값의 연산을 필요로 한다. 그러나, 실제 하드웨어로 구현하기 위해서는 실수값 연산을 수행할 수 없기 때문에 이들을 효율적으로 양자화할 수 있는 기법과 이 양자화 값을 이용한 미터릭 계산방법이 요구된다.

길쌈부호를 이용하는 방법은 미국특허 제 5,446,747 호에 개시되어 있는 바, 이는 트렐리스 복호기법 중 MAP 알고리즘(L. R. Bahl, J. Cocke, F. Jelinek, and J. Raviv, "Optimal decoding of linear codes for minimizing symbol error rate", IEEE Transactions on Information Theory, Vol. 20, pp. 284-287, Mar. 1974.)을 사용하여 반복적으로 복호를 수행하는 방법이며, 여기에는 실제 하드웨어로 구현하기 위한 양자화방법에 대해서는 언급되어 있지 않다.

블록부호를 이용하는 방법은 미국특허 5,563,897 호에 개시되어 있는 바, 이는 대수적인 복호 방식을 이용하며, 여기에서도 역시 양자화 방법에 대해서는 언급되어 있지 않다.

블록 부호에 대하여 연판정 출력 비터비 복호방법을 적용하여 복잡도를 감소시키고 반복적으로 복호를 수행하는 방법은 한국특허 출원 99-35893 호에 개시되어 있는 바, 이는 병렬로 연결된 블록터보 부호에 적용할 경우에 매우 효율적인 방법이다. 그러나 상기한 바와 같이 연판정 출력을 이용한 반복 복호 기법에서는 복호의 원리에 대해서만 언급되어 있을 뿐 양자화방법과 이를 이용한 미터릭 계산방법에 대해서는 언급이 되어 있지 않다.

따라서, 터보 코드를 실제 하드웨어로 구현하기 위한 양자화 방법과 이 양자화 값을 이용한 미터릭 계산방법이 요구된다.

#### 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

상기와 같은 종래 기술의 필요성을 충족시키기 위하여 안출된 본 발명의 목적은, 연판정 출력 비터비 복호방식을 이용하여 반복 복호를 수행함에 있어서 BPSK 또는 QPSK 변조되어 수신된 신호를 q비트로 구성된 디지털 신호로 양자화하고, 이 값을 이용하여 미터릭을 계산하는 방법 및 연판정 출력을 정규화하는 방법을 제공하기 위한 것이다.

### 발명의 구성 및 작용

상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른, BPSK 또는 QPSK 변조된 신호를 채널을 통해 입력받아 상기 채널에서 발생하는 오류를 정정하는 디지털 통신시스템 수신기의 반복 복호기에서의 양자화 및 미터릭 계산방법은,

상기 수신신호를 적어도 2 이상의 정수(q) 개의 비트로 양자화하는 제 1 단계와;

상기 양자화된 수신신호를 이용하여 연판정 출력 비터비 복호를 반복 수행하는 제 2 단계를 포함한 것을 특징으로 한다.

이하, 첨부된 도면을 참조하면서 본 발명의 한 실시예에 따른 "반복 복호기에서 양자화 및 미터릭 계산방법"을 보다 상세하게 설명하기로 한다.

도 1은 본 발명이 적용되는 반복 복호기를 포함한 디지털 통신시스템의 구성 블록도이다. 이는 아날로그 소스 정보(11)를 수신하여 디지털신호로 부호화하는 소스 부호기(12), 소스 부호기(12)에서 출력되는 디지털화된 소스 신호를 채널 부호화하는 채널 부호기(13), 채널 부호기(13)에서 출력되는 부호화된 디지털 정보를 QPSK 변조하여 채널을 통해 전송하는 BPSK/QPSK 변조기(14), QPSK 변조된 신호를 채널을 통해 수신하여 양자화하여 연판정 정보를 출력하는 양자화기(15), 양자화기(15)에서 출력되는 양자화된 연판정 정보를 복호하는 채널 복호기(16), 복호된 정보를 복원하는 소스 복호기(17), 및 복원된 아날로그 신호에서 정보를 추출하는 정보 싱크부(18)를 포함한다.

본 발명은 양자화기(15)의 양자화 방법과 채널 복호기(16)의 미터릭 계산방법에 적용된다. 양자화기(15)의 입력은 송신기에서 전송된 신호와 채널에서 발생한 오류가 더해진 아날로그 신호이다. 양자화기(15)는 도 2에 도시되어 있는 바와 같은 알고리즘에 의해 미리 테이블화 되어 있는 수신신호 판단 레벨을 기준으로 도 3에 도시되어 있는 알고리즘에 의해 수신신호를 양자화된 연판정 값으로 할당한다.

양자화된 연판정 값을 전달받은 채널 복호기(16)는 아래의 수학적 식 1에 나타나 있는 가지 미터릭 계산방법을 이용하여 도 4에 나타나 있는 바와 같이 연판정 출력 비터비 알고리즘을 수행한다. 복호 도중 연판정 출력값이  $(2^q - 1)$ (주의 : q는 지수입니다) 보다 커지지 않도록 최대값은 항상  $(2^q - 1)$ 로 유지한다. 복호가 완료되면 연판정 출력값은 현재 복호에 사용된 외부 입력정보와 채널 신뢰도값을 빼 줌으로써 다음 번 복호에 사용될 외부 입력정보를 계산한다. 또한 계산된 외부 입력정보는 정규화를 위하여 외부 입력정보에 0.25를 곱해 준다. 이 과정은 전체값을 오른쪽으로 두 번 쉬프트시킴으로써 수행한다.

도 2를 참조하면서 수신신호 판단레벨을 결정하는 과정을 설명한다. 양자화기는 변수  $i$ 와  $q_i$ 를 초기화하고, 수신된 신호  $r$ 을 미리 테이블화된  $q_i$ 개의 판단레벨과 비교하여(S22, S23, S24),  $q$  개의 비트로 양자화한다(S25 ~ S29). 여기서 수신신호  $r$ 은 송신단에서 '0'비트는 '-1'로, '1'비트는 '1'로 정규화하여 전송한 것으로 가정한다.

따라서, 수신신호에 대해 3비트의 양자화된 값을 할당할 경우에는 수신신호의 레벨( $q_i$ )에 대한 판단레벨( $ql_{level}[i]$ )과의 관계는 다음과 같다.

$$q_i = 7,$$

$$ql_{level}[0] = 6/7 \approx 0.857143,$$

$$ql_{level}[1] = 4/7 \approx 0.571429,$$

$$ql_{level}[2] = 2/7 \approx 0.285714,$$

$$ql_{level}[3] = 0,$$

$$ql_{level}[4] = -2/7 \approx -0.285714,$$

$$ql_{level}[5] = -4/7 \approx -0.571429,$$

$$ql_{level}[6] = -6/7 \approx -0.857143.$$

또한, 상기 3비트의 양자화된 값을 할당할 때의 판단레벨( $ql_{level}[i]$ )에 대한 양자화값과의 관계는 아래의 표 1에 정리되어 있다.

[표 1]

수신 신호 $r$ 이 속해 있는 판단레벨의 범위	할당된 양자화 값 ( $\{\}$ 의 값은 사인(sign) 비트를 나타냄)
$r < ql_{level}[6]$	$\{-\}11$
$ql_{level}[6] < r < ql_{level}[5]$	$\{-\}10$
$ql_{level}[5] < r < ql_{level}[4]$	$\{-\}01$
$ql_{level}[4] < r < ql_{level}[3]$	$\{-\}00$
$ql_{level}[3] < r < ql_{level}[2]$	$\{+\}00$
$ql_{level}[2] < r < ql_{level}[1]$	$\{+\}01$
$ql_{level}[1] < r < ql_{level}[0]$	$\{+\}10$
$ql_{level}[0] < r$	$\{+\}11$

본 발명에 따른 양자화기는 위의 표 1을 이용하여 양자화값을 결정하는데, 도 3은 이러한 양자화값 결정 알고리즘을 도시한 동작 흐름도이다.

먼저, 변수  $t$ 를 초기화하고(S31), 수신신호가  $t$  번째 판정레벨보다 큰 값인지를 판단한다(S32). 단계 S32의 판정결과가 '아니오'이면,  $t$  값을 1 증가시키고(S33),  $t$ 가  $q_i$  보다 작은 값인 지를 판단한다(S34). 단계 S34의 판단결과가 '예'이면 단계 S32로 되돌아가고, 단계 S34의 판단결과가 '아니오'이면 단계 S35로 진행하여  $-(q_i+1)/2$  값을 양자화값으로 확정하고 종료한다(S35).

한편, 단계 S32의 판정결과가 '예'이면,  $t$  번째 판정레벨이 0보다 큰 지를 판정한다(S36). 단계 S36의 판정결과가 '예'이면  $(q_i+1)/2-t$ 를 양자화값으로 확정하고 종료하며(S37), 단계 S36의 판정결과가 '아니오'이면,  $(q_i+1)/2-(t+1)$ 를 양자화값으로 확정하고 종료한다(S38).

다음, 도 4를 참조하면서 채널 복호기에서의 미터릭 계산 알고리즘을 설명하기로 한다. 수신신호로부터 채널 신뢰도( $L(u)$ )를 계산하고(S41), 계산된 채널 신뢰도 정보를  $q$  비트로 양자화한다. 이 채널 신뢰도 정보에 대한 양자화는 도 3의 양자화값 결정방법을 이용한다. 다음, 현재 부호에 대한 초기 외부 입력정보를 모두 0으로 초기화하고(S43), 외부 입력정보를 사용하여 현재 부호에 대한 연판정 출력 비터비 알고리즘을 사용하여 연판정 및 경판정 출력값을 계산한다(S44).

반복 중단 조건을 만족하는 지를 검사하여 만족할 경우에는 경판정 복호값을 출력한 후 종료하고(S45, S49), 그렇지 않은 경우에는 현재 부호에 대한 연판정 출력으로부터 그 다음 부호에 사용될 외부 정보를 계산한다(S46). 다음, 외부 정보를 정규화하기 위하여 오른쪽으로 두 비트 쉬프트하여 외부 입력정보에 0.25를 곱하고(S47), 다음 복호를 진행해야 할 부호로 이동하여 단계 S44부터 반복한다(S48).

단계 S44에서의 연판정 출력 비터비 알고리즘에서는 아래의 수학적 식 1에 의해 가지 미터릭(branch metric)(bm)을 구하고, 경로 미터릭(path metric)은 이전 시점의 경로 미터릭에 현재 계산된 가지 미터릭을 더하여 구한다.

수학적 식 1

$$bm = r_q' + e_q'$$

여기서,  $r_q'$  과  $e_q'$ 은 각각 양자화된 수신신호  $r_q$  와 이전 단의 연판정 출력 복호로부터 구해진 외부 입력정보의 양자화된 값  $e_q$ 을 절대값과 부호 비트로 표시한 것이며, 각각의 부호 비트는 다음과 같이 결정된다. 즉,  $r_q$  또는  $e_q$ 의 부호와 그 시점에서 트렐리스 상의 부호 비트와의 사인이 같을 경우 양(+)이 되고 서로 상이할 경우 음(-)이 된다.

도 5는 본 발명에서 제시한 방법을 사용하여 (31,25) expurgated BCH 부호를 내부 구성 부호로 사용하는 직렬 연결 블록터보 부호의 시뮬레이션 성능도이다. 도 5에는 6회 반복 후의 비트 오류율 비교되어 있는데, 본 발명에서 제시한 양자화 및 미터릭 계산방법은 5비트로 양자화된 값을 사용하더라도 실수 연산과 거의 동일한 성능을 나타낼 수 있다.

위에서 양호한 실시예에 근거하여 이 발명을 설명하였지만, 이러한 실시예는 이 발명을 제한하려는 것이 아니라 예시하려는 것이다. 이 발명이 속하는 분야의 숙련자에게는 이 발명의 기술사상을 벗어남이 없이 위 실시예에 대한 다양한 변화나 변경 또는 조절이 가능함이 자명할 것이다. 그러므로, 이 발명의 보호범위는 첨부된 청구범위에 의해서만 한정될 것이며, 위와 같은 변화예나 변경예 또는 조절예를 모두 포함하는 것으로 해석되어야 할 것이다.

#### 발명의 효과

이상과 같이 본 발명에 의하면, 연판정 출력 비터비 알고리즘을 이용하는 반복 복호기법에서 양자화방법과 미터릭 계산방법을 하드웨어로 쉽게 구현할 수 있을 뿐만 아니라, 성능면에서도 적은 수의 양자화 비트, 즉 적은 연산을 사용하더라도 실수 연산과 거의 동일한 성능을 얻을 수 있다는 장점이 있다.

#### (57) 청구의 범위

##### 청구항 1.

BPSK 또는 QPSK 변조된 신호를 채널을 통해 입력받아 상기 채널에서 발생하는 오류를 정정하는 디지털 통신시스템 수신기의 반복 복호기에서의 양자화 및 미터릭 계산방법에 있어서,

상기 수신신호를 적어도 2 이상의 정수(q) 개의 비트로 양자화하는 제 1 단계와;

상기 양자화된 수신신호를 이용하여 연판정 출력 비터비 복호를 반복 수행하는 제 2 단계를 포함한 것을 특징으로 하는 반복 복호기에서의 양자화 및 미터릭 계산방법.

##### 청구항 2.

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 단계는,

상기 수신신호를 미리 테이블화되어 있는  $2^q - 1$ 개의 판단레벨(qlevel[ql], 여기서  $0 \leq ql < 2^q - 1$  인 정수)과 비교하고, 상기 판단레벨에 따라 상기 q 개의 비트로 양자화하는 것을 특징으로 하는 반복 복호기에서의 양자화 및 미터릭 계산방법.

##### 청구항 3.

제 2 항에 있어서,

상기 수신신호에 따른 판단레벨 qlevel[i](i는 임의의 정수)은,

$0 \leq i < ql/2$  일 경우에는  $((ql/2 - i) * 2) / ql$  이고,

$i = (ql + 1) / 2$  일 경우에는 0이며,

$ql/2 < i < ql$  일 경우에는  $-1 * qlevel[ql - 1 - i]$  인 것을 특징으로 하는 반복 복호기에서의 양자화 및 미터릭 계산방법.

##### 청구항 4.

제 3 항에 있어서,

상기 수신신호에 따른 양자화값은,

t를 0부터 1씩 증가시키면서 t번째 판단레벨과 수신 신호를 비교하여,

상기 수신신호가 t번째 판단레벨(qlevel[t],  $t < ql$ )보다 크고, 임의의 판단레벨(qlevel[t])이 0보다 크면 양자화값은  $(ql + 1) / 2 - t$  이고;

상기 수신신호가 t번째 판단레벨(qlevel[t],  $t < ql$ )보다 크고, 임의의 판단레벨(qlevel[t])이 0보다 크지 않으면 양자화값은  $(ql + 1) / 2 - (t + 1)$  이며;

t가 ql이 될 때까지 수신 신호가 t번째 판단레벨보다 큰 값을 찾지 못하면, 양자화값은  $-1 * (ql + 1) / 2$  인 것을 특징으로 하는 반복 복호기에서의 양자화 및 미터릭 계산방법.

##### 청구항 5.

제 1 항에 있어서,

상기 제 2 단계는,

상기 수신신호를 이용하여 채널 신뢰도를 결정하고 양자화하는 제 1 서브단계와,

초기 외부 정보를 초기화하고 상기 초기 외부 정보를 사용하여 현재 부호에 대한 연판정 출력 비터비 알고리즘으로 연판정 및 경판정 출력을 계산하는 제 2 서브단계,

반복중단조건을 만족하면 경판정 복호값을 출력하고 복호를 종료하며, 반복중단조건을 만족하지 않으면 현재 부호에 대한 연판정 출력으로부터 다음 부호에 사용될 외부 정보를 계산하는 제 3 서브단계, 및

상기 외부 정보를 정규화하고 다음 복호를 진행해야 할 부호로 이동하는 제 4 서브단계를 포함한 것을 특징으로 하는 반복 복호기에서의 양자화 및 미터릭 계산방법.

#### 청구항 6.

제 5 항에 있어서, 상기 제 4 서브단계의 외부 정보 정규화단계는,

상기 외부 정보를 오른쪽으로 두 비트 쉬프트하는 것을 특징으로 하는 반복 복호기에서의 양자화 및 미터릭 계산방법.

#### 청구항 7.

제 5 항에 있어서,

상기 제 2 서브단계의 연판정 출력 비터비 알고리즘은 가지 미터릭(branch metric)을 이용하고, 경로 미터릭은 이전 시점의 경로 미터릭과 현재의 가지 미터릭을 더하여 사용하는 것을 특징으로 하는 반복 복호기에서의 양자화 및 미터릭 계산방법.

#### 청구항 8.

제 7 항에 있어서,

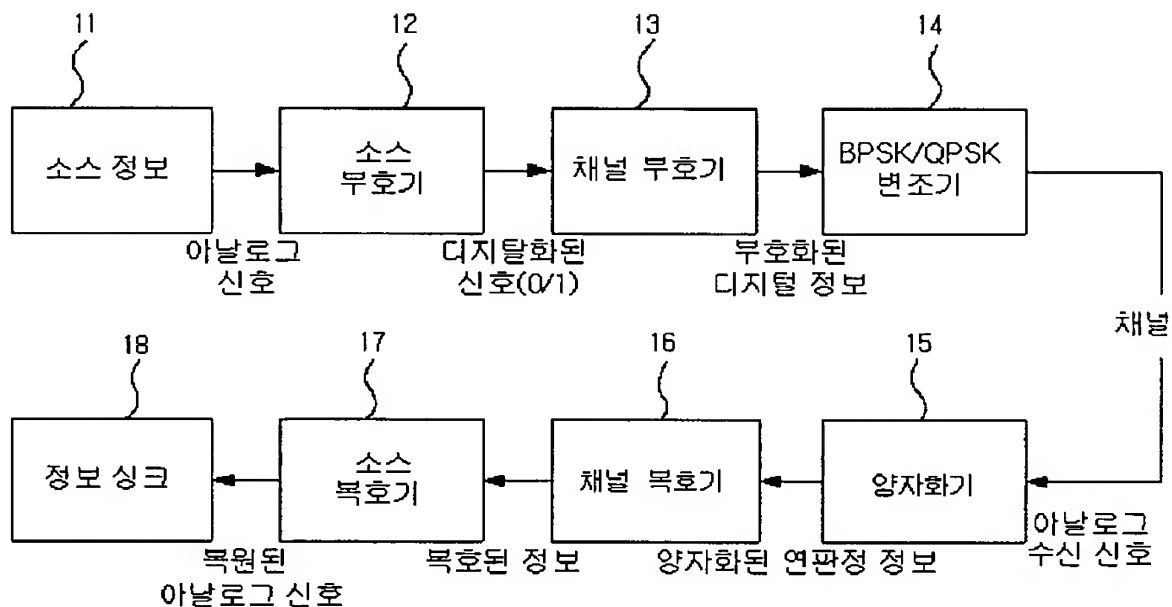
상기 가지 미터릭(bm)은 아래의 수식에 의해 계산되는 것을 특징으로 하는 반복 복호기에서의 양자화 및 미터릭 계산방법.

$$bm = r_q' + e_q'$$

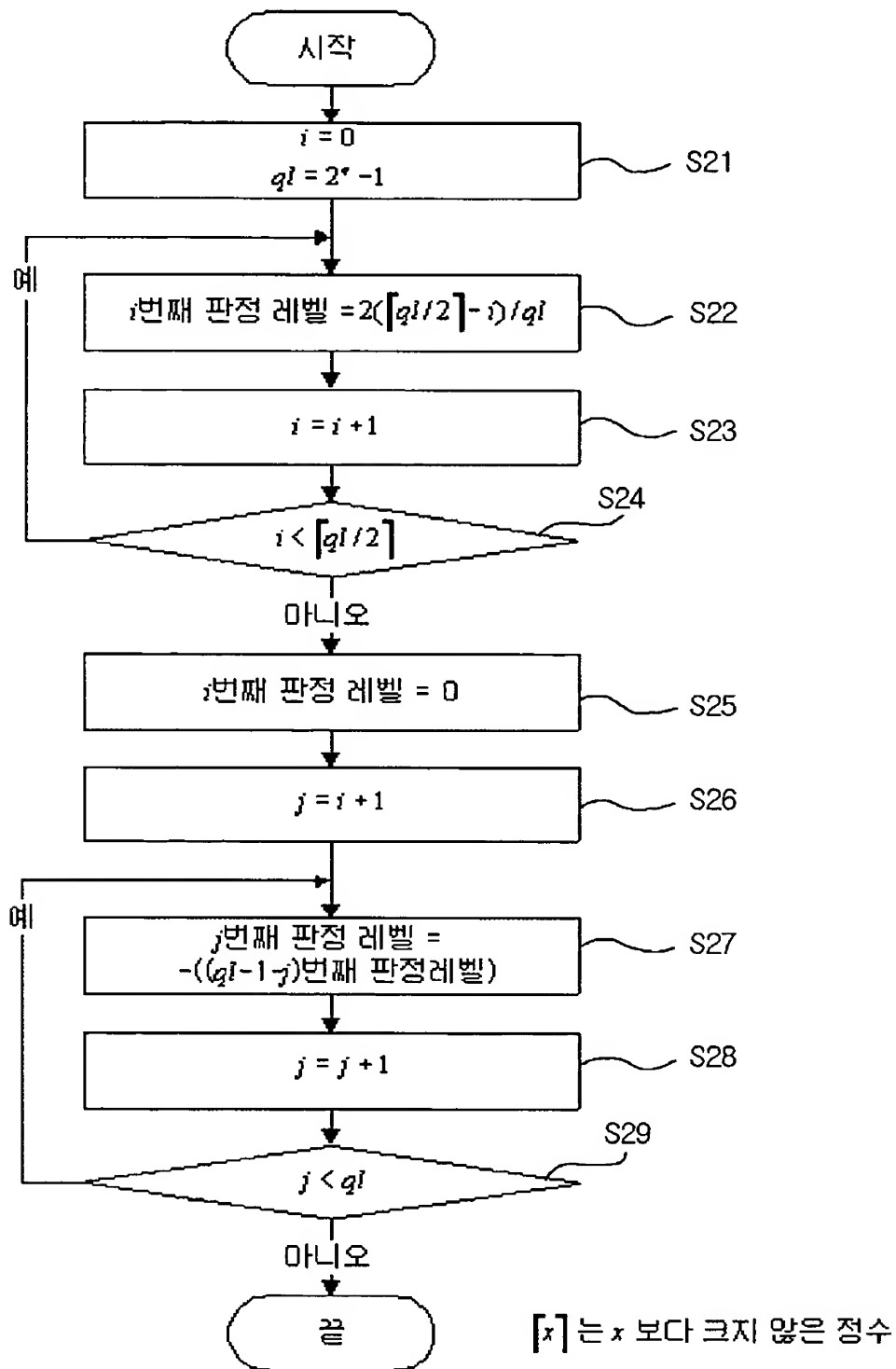
여기서,  $r_q'$  과  $e_q'$  은 각각 양자화된 수신신호  $r_q$  와 이전 단의 연판정 출력 복호로부터 구해진 외부 입력정보의 양자화된 값  $e_q$  을 절대값과 부호 비트로 표시한 것이며, 각각의 부호 비트는  $r_q$  또는  $e_q$  의 부호와 그 시점에서 트렐리스 상의 부호 비트와의 사인이 같을 경우 양(+)이 되고 서로 상이할 경우 음(-) 값으로 결정된다.

도면

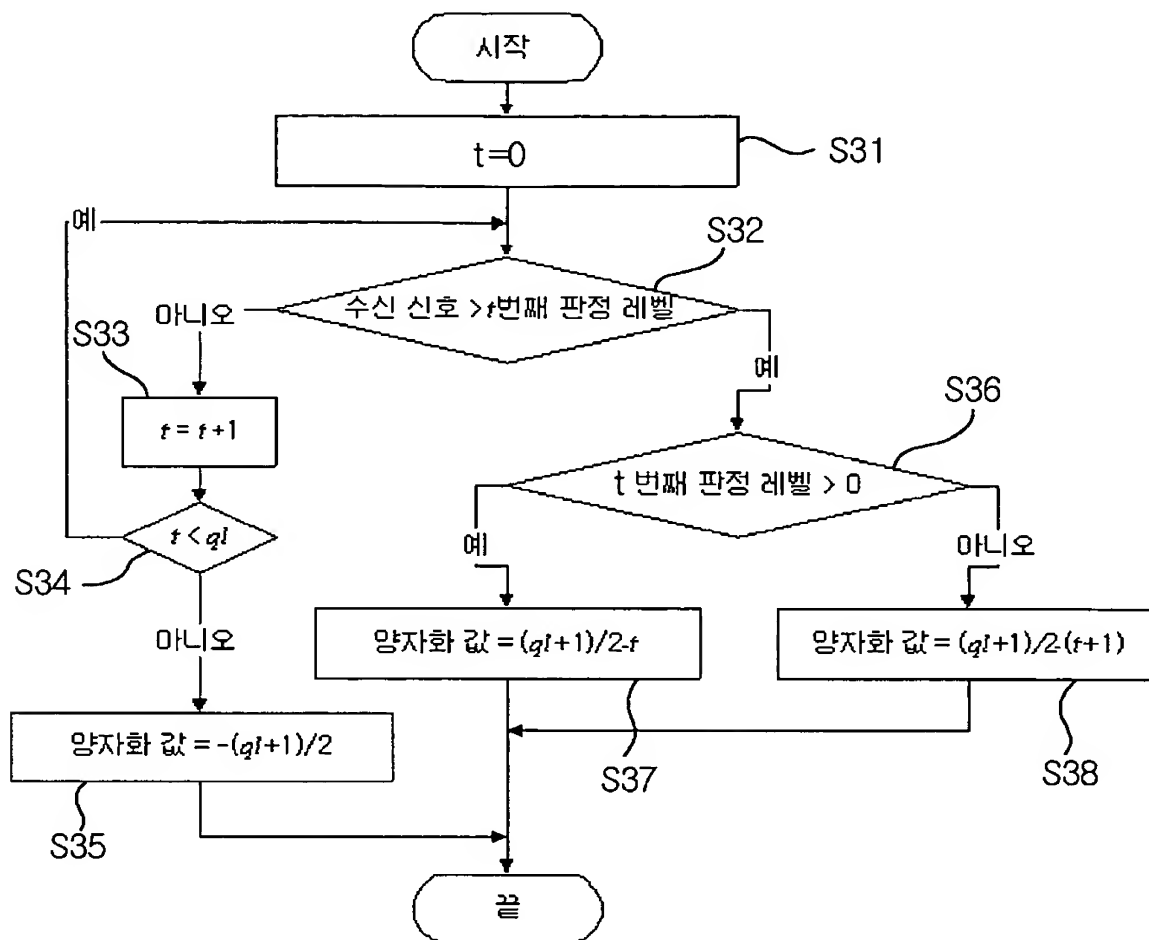
도면 1



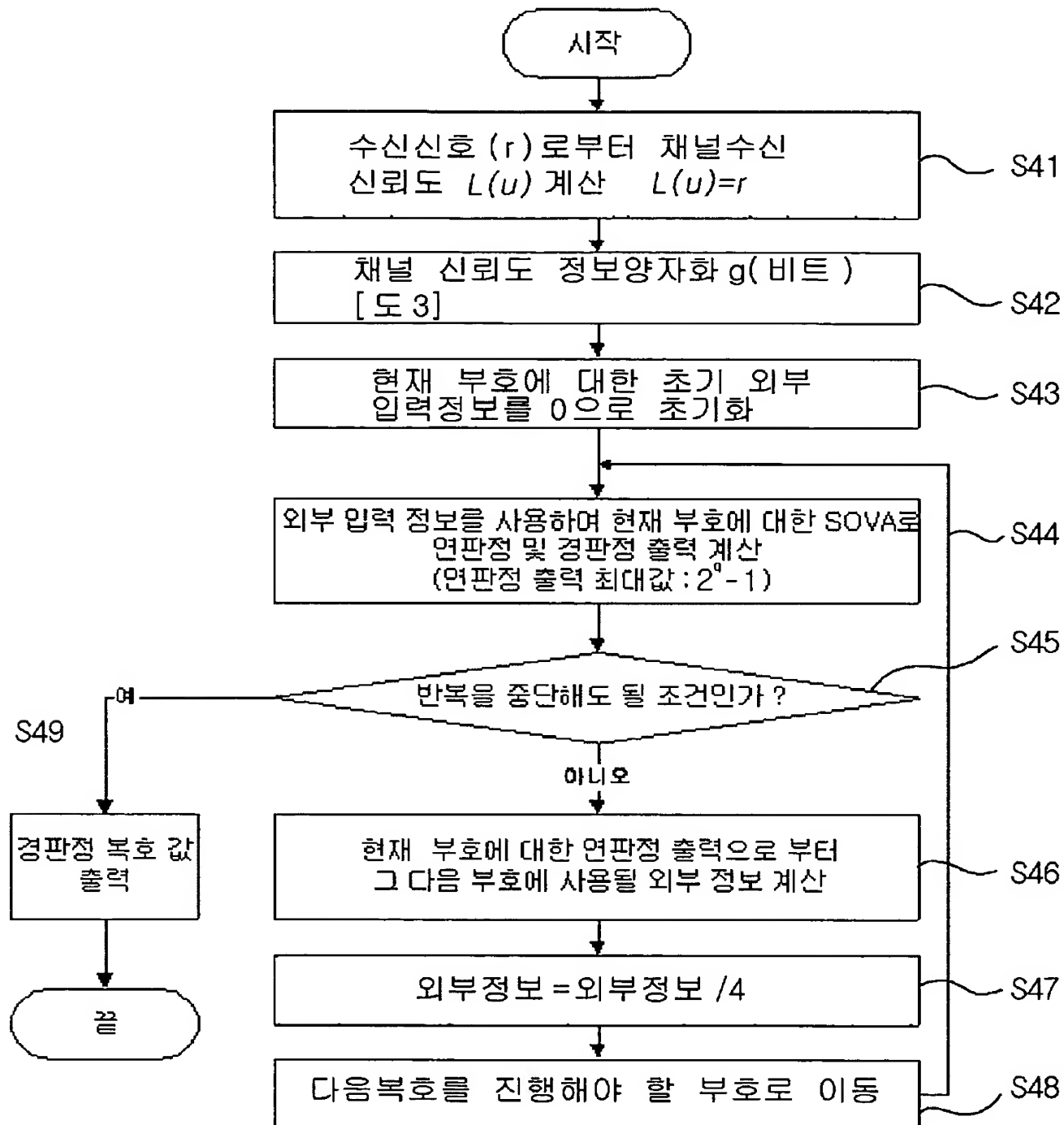
도면 2



도면 3



도면 4



도면 5

